Pêches et Océans Canada
Fisheries and Oceans Canada

Sciences des écosystèmes et des océans
Ecosystems and Oceans Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique
Avis scientifique 2015/045

Région du Pacifique

POINTS DE RÉFÉRENCE DE L'ÉCHAPPÉE FONDÉS SUR L'HABITAT DU SAUMON COHO DANS LES ZONES DE GESTION DU DÉTROIT DE GEORGIE (CONTINENT), DU DÉTROIT DE GEORGIE (ÎLE DE VANCOUVER) ET DU BAS FRASER

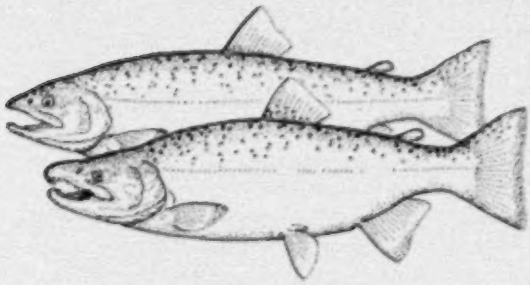

Photo : Dessin au trait du saumon coho – fourni par Pêches et Océans Canada, Poissons d'eau douce du Canada, 1973, Conseil consultatif de recherches sur les pêcheries et les océans, bulletin 184, catalogue n° FS94-184, page 158.

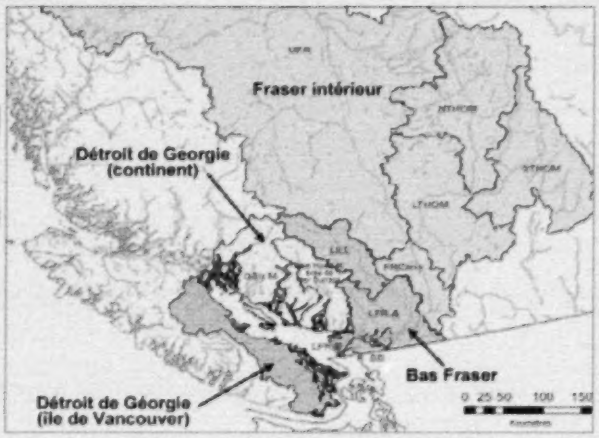

Figure 1. Carte des zones de gestion du saumon coho d'intérêt du sud de la Colombie-Britannique. Noble et al. *2015.*

Contexte :

Les objectifs du Traité sur le saumon du Pacifique (TSP) et de la Politique concernant le saumon sauvage (PSS) exigent l'établissement de points de référence biologiques permettant d'évaluer l'état de la population et de surveiller l'exploitation de saumon coho du sud de la Colombie-Britannique. Le manque de données à des échelles temporelles appropriées et propres aux stocks empêche l'utilisation de méthodes traditionnelles de recrutement des stocks pour calculer les points de référence biologiques propres à ces populations. Au lieu de cela, de nouvelles méthodes analytiques sont nécessaires pour utiliser les renseignements provenant des données disponibles. En ce qui concerne les populations de saumon coho du sud de la Colombie-Britannique, une analyse financée par le Fonds de dotation du sud de la Commission du saumon du Pacifique (CSP) a été réalisée par LGL Ltd. de Sidney, en Colombie-Britannique, et Ecometric Research de Vancouver, en Colombie-Britannique, afin de fournir des recommandations de nature scientifique relatives aux points de référence pour l'échappée et le taux d'exploitation.

La Direction de la gestion des pêches de Pêches et Océans Canada (MPO) a demandé à ce que la Direction des sciences de fournisse un avis, à la lumière des travaux des entrepreneurs, portant sur les points de référence pour l'échappée et le taux d'exploitation pour trois zones de gestion couvertes par le TSP et les unités de conservation de la PSS du saumon coho du sud de la Colombie-Britannique. Les résultats de cette évaluation et les avis découlant de la réunion régionale d'examen par les pairs seront utilisés pour guider l'élaboration continue des points de référence, l'évaluation de l'état des unités de

conservation de la PSS, et les points de référence de la gestion du TSP.

Le présent avis scientifique découle de l'examen par les pairs régional du 4 au et 5 novembre 2014 et du 14 avril 2015 sur la Détermination des indices de référence de l'échappée et du taux d'exploitation pour les trois unités de gestion du saumon coho du détroit de Georgie, dans le sud de la Colombie-Britannique. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada (MPO).

SOMMAIRE

- Afin de respecter les obligations du Traité sur le saumon du Pacifique (TSP) et permettre la mise en œuvre de la Stratégie 1 de la Politique concernant le saumon sauvage (PSS), on doit établir des points de référence biologiques permettant d'évaluer l'état des zones de gestion du TSP et des unités de conservation de la PSS pour le saumon coho du sud de la Colombie-Britannique.
- Une analyse, financée par le fonds de dotation du Sud du TSP, en vue de fournir des recommandations de nature scientifique en ce qui concerne les points de référence de l'échappée et du taux d'exploitation pour les zones de gestion du détroit de Georgie (continent), du détroit de Georgie (île de Vancouver) et du bas Fraser, et leurs unités de conservation respectives, a été réalisée par LGL Ltd de Sidney, en Colombie-Britannique, et Ecometric Research de Vancouver, en Colombie-Britannique.
- L'analyse s'appuie sur un modèle de la capacité biotique du saumon coho fondé sur l'habitat, conçu initialement pour le bassin versant de la rivière Nass, pour générer des estimations de la production moyenne de saumoneaux et de reproducteurs permettant de respecter le taux de ponte requis pour la production moyenne de saumoneaux dans chaque unité de conservation. Le modèle fondé sur l'habitat a aussi servi à fournir au préalable des renseignements à une analyse bayésienne stock-recrutement et stock-saumoneaux, lesquelles ont ensuite été utilisées pour générer des estimations des paramètres de productivité du stock et trois points de référence biologiques (U_{RMS}, S_{RMS} et $S_{gén}$).
- La moyenne estimée de la production de saumoneaux et le nombre de reproducteurs requis pour produire le nombre moyen de saumoneaux pour chaque unité de conservation ont été calculés à partir du modèle fondé sur l'habitat, et les valeurs respectives obtenues sont les suivantes : 1 603 226 et 49 422 (côte est de l'île de Vancouver, détroit de Georgie); 395 603 et 11 968 (partie continentale du détroit de Georgie); 751 868 et 22 784 (baie Howe et bras de mer Burrard); 1 484 479 et 46 005 (bas Fraser); 910 977 et 27 605 (Lillooet); 608 082 et 18 427 (baie Boundary). De même, les valeurs obtenues pour la production moyenne de saumoneaux estimée et le nombre de reproducteurs requis pour chaque zone de gestion sont respectivement les suivantes : 1 147 471 et 34 752 (partie continentale du détroit de Georgie); 3 003 538 et 92 037 (bas Fraser); 1 603 226 et 49 422 (détroit de Georgie, île de Vancouver).
- Les estimations du taux d'exploitation moyen pour produire le rendement maximal soutenu (U_{RMS}) obtenues à partir des modèles reproducteurs-recrues saumoneaux représentés en courbe logistique en « bâton de hockey » (en supposant des futurs taux de survie en mer de 2,5 %) sont d'environ 41 % pour l'unité de conservation de la partie continentale et de 35 % pour celle de la côte est de l'île de Vancouver du détroit de Georgie, respectivement. Le degré d'incertitude lié à ces résultats est élevé (indiqué par de larges intervalles de crédibilité associés aux moyennes déclarées).

- Les résultats de l'analyse reproducteurs-recrues saumoneaux dépendent grandement des estimations du taux de survie en mer (les résultats ont été fournis à trois niveaux de survie en mer aux fins de comparaison : 1 %, 2,5 % et 5 %). En supposant que les futurs taux de survie en mer passent de 2,5 % à 1 %, l'U_{RMS} descend à 4 % et 1 % pour les unités de conservation de la partie continentale et de la côte est de l'île de Vancouver, détroit de Georgie, respectivement (à partir de 41 % et 35 %).
- Les répercussions possibles sur les résultats d'un certain nombre d'hypothèses et d'incertitudes dans les modèles ont été évaluées au moyen d'analyses de sensibilité. Les résultats du modèle de l'habitat dépendent grandement de la définition d'habitat accessible, plus particulièrement en ce qui concerne l'ordre des cours d'eau, et le nombre estimé de saumoneaux produits par reproducteur.
- Il existe divers degrés d'incertitude associés aux nombreux intrants des deux modèles présentés, ce qui entraîne une incertitude élevée dans les résultats du modèle. Ces résultats doivent être interprétés ou utilisés avec précaution.
- L'absence de données pour certaines unités de conservation a empêché de réaliser des analyses stock-recrutement sur quatre des six unités de conservation (baie Howe et bras de mer Burrard, bas Fraser, Lillooet et baie Boundary), ce qui a empêché d'obtenir des résultats d'analyses stock-recrutement pour les zones de gestion de la partie continentale du détroit de Georgie et du bas Fraser. Pour les unités de conservation qui ne disposent pas de suffisamment de données pour calculer les points de référence, des analyses reposant sur un ensemble de données régionales de haute qualité, semblables à l'approche utilisée par Korman et Tompkins (2014), permettraient d'obtenir une méthode pour déterminer les résultats dans ces unités.

RENSEIGNEMENTS DE BASE

Le Traité sur le saumon du Pacifique (TSP) désigne quatre zones de gestion dans le sud de la Colombie-Britannique : le bassin intérieur du fleuve Fraser (y compris la rivière Thompson), le bas Fraser, le détroit de Georgie (continent) et le détroit de Georgie (île de Vancouver) (Table 1). Les zones de gestion du bassin intérieur du fleuve Fraser sont évaluées conformément selon un processus d'examen distinct. Ainsi, il restera trois zones de gestion à analyser ici. Le plan bilatéral canado-américain pour la gestion du saumon coho vise à limiter l'exploitation totale pour permettre aux zones de gestion d'atteindre la production maximale équilibrée (PME) à long terme tout en conservant la diversité génétique et écologique des populations. Il vise également à améliorer les perspectives à long terme pour maintenir la santé du secteur des activités de pêche dans les deux pays. Le TSP exige l'établissement et la consignation de la dérivation de l'objectif d'échappée ou du taux d'exploitation correspondant à la PME, et des taux d'exploitation pour chaque zone de gestion pour trois catégories d'état, soit population faible, population modérée et population abondante.

En plus des obligations du TSP qui sont indiquées ci-dessus, Pêches et Océans Canada doit, dans le cadre de la mise en œuvre de la Stratégie 1 de la Politique concernant le saumon sauvage (PSS), déterminer des points de référence biologique permettant d'évaluer la condition des unités de conservation du saumon du Pacifique qui sont définies dans la PSS (les zones de gestion du TSP sont formées de multiples unités de conservation de la PSS). Il y a également six unités de conservation de la PSS dans les trois zones de gestion du TSP d'intérêt (Table 1). À l'heure actuelle, aucun point de référence recommandé par la PSS n'a été établi pour les unités de conservation du saumon coho du sud de la Colombie-Britannique, et on n'en prévoit pas dans le cadre du présent processus d'examen.

La Direction de la gestion des pêches a demandé à ce que la Direction des sciences fournisse un avis sur la pertinence des méthodes permettant de calculer les points de référence de l'échappée et du taux d'exploitation, et les résultats de ces analyses dans les zones de gestion du bas Fraser, du détroit de Georgie (continent) et du détroit de Georgie (île de Vancouver), ainsi que dans les unités de conservation respectives, afin de répondre aux obligations du TSP et de la PSS. Les résultats de cette évaluation et les conseils découlant de la réunion régionale d'examen par les pairs seront aussi utilisés pour guider l'élaboration continue des points de référence, les évaluations de l'état des unités de conservation de la PSS, et la détermination des points de référence de la gestion du TSP.

Tableau 1. Zones de gestion et unités de conservation du saumon coho du sud de la Colombie-Britannique.

Zone de gestion		Unité de conservation	
Nom	Abréviation	Nom	Abréviation
Détroit de Georgie (continent)	GSM	Détroit de Georgie (continent)	GSM
		Baie Howe et bras de mer Burrard	HS-BI
Détroit de Georgie (île de Vancouver)	GSVI	Côte est de l'île de Vancouver – détroit de Georgie	ECVI-GS
Bas Fraser	LFR	Bas Fraser	LFR
		Rivière Lillooet	LILL
		Baie Boundary	BB

ÉVALUATION

Données et méthodes

Modèle d'habitat

Le modèle de production de saumon coho du détroit de Georgie (est de l'île de Vancouver et continent) est un modèle fondé sur l'habitat permettant de prédire l'abondance moyenne de saumoneaux dans chaque cours d'eau et le nombre de reproducteurs requis pour atteindre l'abondance moyenne de saumoneaux (S_{moy}), à l'aide de la longueur du cours d'eau disponible pour la croissance du saumon coho en tant que variable prédictive. Le modèle calcule d'abord la longueur totale de cours d'eau qui est accessible par le saumon coho en tenant compte de la pente d'écoulement, des obstacles connus et de l'ordre des cours d'eau (Strahler 1957). Une relation entre le rendement de saumoneaux et la longueur des cours d'eau a alors été établie à l'aide d'un modèle linéaire logarithmique pour prévoir le rendement de saumoneaux à partir de la longueur des cours d'eau à l'aide de données de production de saumoneaux provenant de 22 cours d'eau au total dans les unités de conservation du détroit de Georgie, dans lesquels on a observé la production de saumoneaux sauvages : côte est de l'île de Vancouver, détroit de Georgie (15 cours d'eau), partie continentale du détroit de Georgie (2 cours d'eau), et bas Fraser (3 cours d'eau). Les longueurs des cours d'eau qui ont été utilisées pour créer le présent modèle de prévision ont été estimées au moyen d'un système d'information géographique (SIG) et comprennent des fossés, des affluents, des chenaux latéraux, l'habitat d'origine anthropique, etc. Par conséquent, ces estimations diffèrent probablement des estimations existantes du MPO (et d'autres tiers), ce qui peut donner lieu à des résultats très différents sur le rendement de saumoneaux. Il convient aussi de noter que le modèle ne tient pas directement compte de la variabilité de la qualité de l'habitat entre les rivières.

Une liste de tous les cours d'eau abritant des saumons cohos connus au sein de chacune des six unités de conservation d'intérêt a été fournie par le nouveau système de données sur les

remontes de saumon (NuSDRS). Les données sur les saumoneaux ont été obtenues à partir d'études de piège à saumoneaux menées par des biologistes du MPO et BC Hydro/Metro Vancouver, le cas échéant. Tous les renseignements disponibles sur les obstacles et la pente d'écoulement dans chaque bassin versant ont été utilisés pour fournir une délimitation cohérente de l'habitat du saumon coho disponible dans tous les cours d'eau. En ce qui concerne les analyses de sensibilité, la zone accessible a été déterminée pour les limites supérieures de la pente d'inclinaison de 2 %, 4 %, 6 % et 8 %. La longueur totale des cours d'eau accessibles dans chaque affluent a été calculée à l'aide de dossiers numériques tirés des cartes TRIM (Terrain Ressource Information Management) (échelle de 1:20 000) à l'aide du logiciel ARCINFO et classée selon la pente d'écoulement et l'ordre des cours d'eau. L'analyse a intégré toutes les longueurs accessibles pour les ordres de cours d'eau de 1 ou plus.

Analyse stock-recrutement

Les estimations du paramètre des modèles stock-recrutement de Beverton-Holt (BH) et de la courbe logistique en « bâton de hockey » ont été produites à l'aide d'une approche bayésienne, et reposent sur les ensembles de données sur les reproducteurs-recrues adultes et sur les reproducteurs-recrues saumoneaux. Des valeurs *a priori* uniformes non informatives sur les aires de répartition ont été utilisées pour les paramètres de productivité des stocks (α) et les erreurs dues au processus (σ), et les limites ont été tirées d'études précédentes ou des données disponibles. Une gamme de valeurs log-normales *a priori* pour les aires de répartition a été utilisée comme paramètre de recrutement maximal (β), et la moyenne obtenue à partir du modèle de production de l'habitat et trois niveaux de l'écart-type (pour représenter une valeur *a priori* informative, moyennement informative et non informative). Les points de référence calculés à partir des paramètres stock-recrutement étaient les suivants :

1) le taux d'exploitation pour produire un rendement maximal soutenu (RMS, U_{RMS});
2) les échappées pour un rendement maximal soutenu (S_{RMS});
3) l'échappée nécessaire au rétablissement du S_{RMS} en une génération ($S_{gén}$).

Les points de référence ont été calculés pour les paramètres de recrutement reproducteur-recrue adulte et reproducteur-recrue saumoneau. En outre, des points de référence fondés sur les relations reproducteur-recrue saumoneau ont été calculés à partir des futurs taux de survie en mer supposés de 1 %, 2,5 % et 5 %. Les distributions a posteriori des paramètres stock-recrutement ont été estimées à l'aide de la méthode d'échantillonnage de Monte-Carlo par chaîne de Markov (MCCM), et les résultats ont été résumés en fonction des moyennes et des intervalles de crédibilité de 95 %. Les modèles ont été comparés au moyen du critère d'information de déviance (DIC), qui fournit une mesure permettant de déterminer le modèle le plus simple (tout en fournissant le plus grand nombre de renseignements avec le plus petit nombre de paramètres) parmi ceux envisagés (et indiqués par le DIC le plus faible).

Les données sur le taux d'exploitation et la survie (de la phase de saumoneau à la phase adulte) ont été fournies par des biologistes du MPO. Les données sur les reproducteurs ont été obtenues à partir du NuSDRS et ont fait l'objet d'un contrôle de la qualité et complétées, au besoin. Les estimations des contributions accrues ont été tirées des ensembles des données du Programme de mise en valeur des salmonidés (PMVS).

Analyses de sensibilité

Pour le modèle de l'habitat, des analyses de sensibilité ont été effectuées sur un certain nombre de paramètres du modèle pour étudier la sensibilité des prévisions du rendement des

saumoneaux et le nombre de reproducteurs requis pour toute une gamme de valeurs pour les paramètres en question. Les paramètres qui ont fait l'objet d'essais sont les suivants : critères portant sur la pente des obstacles, ordre des cours d'eau et de saumoneaux produits par reproducteur, et comprenaient l'évaluation des interactions potentielles entre les paramètres.

Résultats

Modèle d'habitat

L'habitat du saumon coho, tel que déterminé par le modèle, est très répandu dans tous les cours d'eau (Table 1). Du point de vue des unités de conservation, on a estimé que celle de la côte est de l'île Vancouver, détroit de Georgie avait la plus grande surface d'habitat disponible (1 765 km), et était également la plus productive, capable de produire de 1,6 million de saumoneaux et 49 000 reproducteurs. Du point de vue des zones de gestion, celle du bas Fraser avait la plus grande surface d'habitat disponible (2 572 km), et était la plus productive, avec une production de 3 millions de saumoneaux à partir de 92 000 reproducteurs.

Il convient de noter que ce modèle n'est pas conçu pour être utilisé sur des cours d'eau précis en raison des erreurs considérables dans les prévisions pour chaque cours d'eau. Il pourrait être possible, en l'absence de toute information sur l'abondance de reproducteurs dans les zones de gestion ou les unités de conservation, d'utiliser les résultats du modèle propre aux cours d'eau pour déterminer l'abondance dans le cadre de l'évaluation des niveaux d'échappée.

Tableau 2. Moyenne prévue de saumoneaux coho nécessaires pour ensemencer l'habitat disponible et nombre de reproducteurs nécessaires pour produire ces saumoneaux. Les intervalles de confiance des reproducteurs sont reportés à partir des limites de confiance de l'estimation des saumoneaux sans ajout d'un écart supplémentaire pour tenir compte d'autres incertitudes (p. ex. saumoneaux produits par reproducteur, fécondité, pente d'écoulement, ordre des cours d'eau, etc.).

Zone de gestion	Unité de conservation	Cours d'eau (N)	Habitat disponible (km)	N^{bre} total de saumoneaux (en milliers)			N^{bre} total de reproducteurs (en milliers)		
				Moyenne	Intervalle de confiance, limite inf.	Intervalle de confiance, limite sup.	Moyenne	Intervalle de confiance, limite inf.	Intervalle de confiance, limite sup.
Détroit de Georgie (continent)	Détroit de Georgie (continent)	48	367	395,6	304,5	486,7	12,0	9,23	14,8
	HS-BI	46	520	751,9	557,4	946,3	22,8	16,9	28,7
	Total - Zones de gestion*	94	887	1 147,5	997,8	1 297,2	34,8	30,2	39,3
LFR	LFR	93	1 370	1 484,5	1 390,6	1 578,4	46,0	42,1	47,8
	LILL	19	721	911,0	567,5	1 254,5	27,6	17,2	38,0
	BB	4	481	608,1	-	-	18,4	-	-
	Total - Zones de gestion*	116	2 572	3 003,5	2 821,3	3 185,8	92,0	85,5	96,5
GS-VI	ECVI-GS	103	1 765	1 603,2	1 522,2	1 684,3	49,4	46,1	51,0

*Les totaux dans les zones de gestion ne correspondent pas à la somme des données de chaque unité de conservation, mais sont calculés pour chaque zone séparément.

Analyse stock-recrutement

Il y avait une grande dispersion dans les données de stock-recrutement. Trois tendances ressortent :

1) une variation considérable en matière de recrutement lorsque la taille du stock est réduite;
2) aucune limite visible de la capacité biotique;
3) une hausse du recrutement et de la taille du stock reproducteur dans la première moitié de la période de relevé, lorsque les taux de survie en mer étaient plus élevés.

Ces tendances font en sorte qu'il est difficile d'estimer de façon fiable les paramètres stock-recrutement.

Le plus souvent, les différences dans les estimations de la productivité des stocks et de la capacité biotique entre les modèles de la courbe logistique en « bâton de hockey » et de Beverton-Holt étaient relativement mineures. L'analyse du DIC indique qu'il faudrait insister davantage sur les résultats du modèle de BH. Toutefois, les estimations de la productivité des stocks du modèle de BH étaient considérablement plus élevées que celles de l'analyse régionale (Korman et Tompkins 2014), ce qui porte à croire qu'elles sont probablement trop élevées. Étant donné que le modèle de BH n'a reçu qu'un modeste soutien statistique par rapport à celui de la courbe logistique en « bâton de hockey » dans le cadre de l'analyse du DIC, on a plutôt mis en évidence les résultats du second modèle. Ce modèle estime que, pour l'ensemble de données sur les reproducteurs-recrues saumoneaux et, si l'on estime un taux de survie en mer ultérieur de 2,5 %, les taux d'exploitation moyens autorisés d'environ 35 % et 41 % produiront le rendement maximal soutenu (RMS) pour les unités de conservation de la côte est de l'île de Vancouver, détroit de Georgie et de la partie continentale du détroit de Georgie, respectivement (Table 3). Il existe une assez grande incertitude quant à la pertinence de ces résultats (importants intervalles de crédibilité associés aux moyennes : [16 %, 50 %] pour l'unité de conservation de la côte est de l'île de Vancouver, détroit de Georgie, et [16 %, 60 %] pour celle de la partie continentale du détroit de Georgie, respectivement). Cela est probablement lié à l'incertitude dans les estimations existantes de la productivité des stocks, qui ont finalement été déterminées par la grande dispersion des points de données de stock-recrutement. En outre, il convient de noter que les taux d'exploitation réels observés au cours de la dernière décennie, compte tenu d'une fermeture de la pêche au saumon coho, sont à peu près égaux à l'intervalle de crédibilité inférieur de 95 % de U_{RMS} estimé pour les unités de conservation (c.-à-d. ils étaient plus près de la moyenne de 16 % que des 35 à 40 % signalés précédemment).

Tableau 3. Estimations des limites moyenne, inférieure et supérieure de crédibilité du R_{RMS}, U_{RMS} et $R_{gén}$ à partir d'une analyse bayésienne reproducteur-recrue saumoneau basée sur un modèle logistique en « bâton de hockey » pour chaque unité de conservation, avec des taux de survie supposés de 1 %, 2,5 % et 5 %, et un prCV de 0,6 (renseignements préliminaires très incertains). Les estimations recommandées sont en caractères gras.

Unité de conservation	Survie en milieu marin estimée	U_{RMS}	LIC (limite inférieure de crédibilité)	LSC (limite supérieure de crédibilité)
Détroit de Georgie (continent)	1 %	**0,04**	0,00	0,26
	2,5 %	0,41	0,16	0,60
	5 %	0,64	0,47	0,76
Détroit de Georgie (est de l'île de Vancouver)	1 %	**0.01**	0,00	0,10
	2,5 %	0,35	0,16	0,50
	5 %	0,59	0,46	0,70
Unité de conservation	**Survie en milieu marin estimée**	**R_{RMS}**	**LIC**	**LSC**
Détroit de Georgie (continent)	1 %	1 000	1 000	1 000
	2,5 %	3 100	2 000	6 000
	5 %	5 000	3 000	12 000
Détroit de Georgie (est de l'île de Vancouver)	1 %	1 500	1 000	8 000
	2,5 %	24 800	14 000	37 000
	5 %	40 400	25 000	57 000
Unité de conservation	**Survie en milieu marin estimée**	**$R_{gén}$**	**LIC**	**LSC**
Détroit de Georgie (continent)	1 %	1 200	700	2 000
	2,5 %	1 600	600	4 100
	5 %	1 300	400	4 400
Détroit de Georgie (est de l'île de Vancouver)	1 %	1 800	1 000	6 800
	2,5 %	13 900	8 100	20 400
	5 %	11 300	5 600	19 200

Analyse de sensibilité

La quantité d'habitats accessibles estimée par le modèle était robuste dans les pentes, mais était très variable selon diverses hypothèses basées sur l'ordre minimal des cours d'eau. Lorsque des essais ont été effectués sur des pentes d'écoulement de 2 % à 8 %, la disponibilité de l'habitat a diminué de 17 % au maximum (baie Howe et bras de mer Burrard) dans le cadre d'un scénario de référence dont la pente d'écoulement varie de 8 % à 2 %. Par conséquent, tout biais découlant des différences géomorphologiques du bassin versant devrait être très faible. Cependant, comme l'ordre minimal des cours d'eau inclus dans l'analyse a augmenté de 1 à 4

(ce qui entraîne une diminution de l'habitat), le pourcentage de l'habitat disponible a chuté considérablement (entre 88 % [baie Boundary] et 53 % [rivière Lillooet]). De même, le modèle était sensible au nombre de reproducteurs nécessaires pour atteindre le nombre moyen de saumoneaux lorsque la pente d'écoulement et l'ordre minimal des cours d'eau pouvaient varier.

Le modèle a été mis à l'essai pour en déterminer la sensibilité aux changements par rapport au nombre de saumoneaux produits par reproducteur (établi au départ à 33 saumoneaux/reproducteurs pour toutes les unités de conservation). La sensibilité à cette hypothèse a été mise à l'essai pour une plage de 20 à 100 saumoneaux/reproducteurs, et on a constaté que dans la tranche inférieure (20 saumoneaux/reproducteurs), le nombre de reproducteurs devrait augmenter de 65 % par rapport au scénario de référence. Dans la tranche supérieure (100 saumoneaux/reproducteurs), il faudrait une réduction de 67 % du nombre de reproducteurs par rapport au scénario de référence.

Sources d'incertitude

- Le modèle fondé sur l'habitat indique que les données empiriques sur les saumoneaux disponibles (années d'éclosion de 1983 à 2010) reflètent la production moyenne pour l'ensemble de l'unité de conservation ou la zone de gestion, et ce, maintenant et à l'avenir.
- Le modèle en question ne tient pas compte du potentiel de production du saumon coho en cas de cycle biologique non conventionnel (c.-à-d. alevins ou migrants en automne). En ce qui concerne les systèmes où le cycle biologique non conventionnel du saumon coho contribue à la production totale des stocks de l'espèce mesurée par les montaisons d'adultes, les modèles sous-estiment le nombre de reproducteurs nécessaires pour optimiser la production totale. À l'heure actuelle, il n'y a pas de données disponibles pour évaluer cette contribution potentielle.
- En raison d'un manque de vérification des données et de préoccupations concernant la qualité, aucune analyse stock-recrutement n'a été possible pour quatre des six unités de conservation (et deux des trois zones de gestion). L'analyse reproducteurs-recrues saumonneaux a été effectuée pour les unités de conservation du détroit de Georgie (côte est de l'île de Vancouver), du détroit de Georgie (continent), et la zone de gestion du détroit de Georgie (île de Vancouver).
- Les résultats sont grandement influencés par les futurs taux de survie en mer supposés. Plus particulièrement, si on suppose que le futur taux de survie en mer est réduit de 2,5 % à 1 %, le taux d'exploitation moyen admissible passe de 41 % à 4 % (partie continentale du détroit de Georgie), et de 25 % à 1 % (détroit de Georgie, côte est de l'île de Vancouver), respectivement.
- La présente analyse suppose que les taux de fécondité et les sex-ratios demeurent stables pour les différents régimes de survie. Les estimations des nombres de reproducteurs nécessaires (d'après une estimation moyenne de saumoneaux/reproducteurs) devraient être revues à la hausse pour tenir compte de facteurs comme la mortalité avant le frai, la baisse des taux de fécondité ou les changements touchant le sex-ratio, si ces derniers sont considérés comme des risques importants.
- Le modèle fondé sur l'habitat présente explicitement la variabilité de l'ensemble de données des saumoneaux à l'échelle régionale, mais ne prend pas explicitement en compte d'autres sources d'incertitude (p. ex. estimations du taux d'exploitation pour le poisson mis en valeur et estimations de la survie en mer). Les analyses de la sensibilité

ont servi à évaluer un certain nombre d'incertitudes qui ne sont pas explicitement prises en compte dans le modèle.

- L'analyse stock-recrutement se fonde sur une procédure de remplissage qui intègre une covariance entre les cours d'eau au sein d'une même unité de conservation, par l'intermédiaire de deux facteurs d'ajustement. Chaque facteur d'ajustement constitue une source d'incertitude supplémentaire qui n'est pas formellement propagée dans les étapes subséquentes de l'analyse.
- Il existe des incertitudes dans les estimations des taux d'échappée, les taux d'exploitation et de survie dans les cours d'eau indicateurs, ainsi que dans le degré de représentativité que ces taux offrent pour déterminer les estimations à l'échelle des unités de conservation ou des zones de gestion.

CONCLUSIONS ET AVIS

- Deux modèles (un modèle fondé sur l'habitat et un modèle stock-recrutement) ont été présentés afin de fournir des points de référence biologiques pour l'échappée. De plus, le modèle stock-recrutement peut fournir des points de référence biologiques pour les taux d'exploitation. En tout, quatre mesures (reproducteurs dans un habitat, U_{RMS}, $S_{gén}$, S_{RMS}) ont été fournies pour les unités de conservation et les zones de gestion du saumon coho du sud de la Colombie-Britannique, bien que toutes ces mesures ne puissent pas être calculées pour toutes les unités et zones en question. Premier objectif du cadre de référence
- Les estimations de la capacité de l'habitat (quantité moyenne de saumoneaux et de reproducteurs nécessaires pour produire une quantité moyenne de saumoneaux) visent à fournir un point de départ pour évaluer l'état biologique des unités de conservation et des zones de gestion. Il faudra réaliser d'autres travaux axés sur le saumon coho afin d'établir des points de référence biologiques recommandés par la PSS et fondés sur les résultats de ce modèle (p. ex. semblables aux points de référence existants pour d'autres espèces de saumon du Pacifique).
- Le modèle de stock-recrutement a permis d'établir des estimations des taux d'exploitation admissibles (en supposant des niveaux précis de la survie en mer). Ces résultats ne sont pas incompatibles avec l'analyse régionale entreprise par Korman et Tompkins (2014), laquelle a abouti à des taux semblables à l'aide de données de haute qualité publiées obtenues dans une échelle spatiale distincte.
- À l'heure actuelle, il n'existe aucune zone de gestion pour laquelle on pourrait calculer tous les points de référence correspondant aux taux d'exploitation de ses unités de conservation. Par conséquent, aucun avis scientifique n'a été publié à propos des méthodes à utiliser pour intégrer adéquatement les points de référence des taux d'exploitation correspondant aux unités de conservation (deuxième objectif du cadre de référence).
- Pour les unités de conservation qui n'ont pas suffisamment de données pour calculer les points de référence, on recommande une analyse reposant sur des ensembles de données régionales de haute qualité, comme celle effectuée par Korman et Tompkins (2014).
- Il existe divers degrés d'incertitude associés aux nombreux intrants des deux modèles présentés ici, ce qui entraîne une incertitude élevée dans les résultats du modèle. Ces résultats doivent être interprétés ou utilisés avec précaution.

- Un certain nombre d'hypothèses clés et d'incertitudes concernant les données et les méthodes ont été cernées et évaluées grâce à des analyses de sensibilité. Plus particulièrement, les modèles sont sensibles à la définition d'« habitat accessible », et il faut faire preuve de prudence au moment d'établir cet intrant. Il convient de noter que dans un bassin versant donné, la quantité d'habitats accessibles (d'après la définition prédéterminée) peut varier d'une saison à l'autre (touchant les saumoneaux et les reproducteurs de façon différentielle), ou d'une année à l'autre (p. ex., certains cours d'eau de premier ordre peuvent tarir complètement pendant certaines années ou saisons, et ne pas changer pendant d'autres).
- Les méthodes présentées ici permettent d'établir des points de référence biologiques de l'échappée et du taux d'exploitation dans les zones de gestion et les unités de conservation, à condition d'être soutenues avec suffisamment de données (en termes de quantité et de qualité). Afin de fournir des points de référence des taux d'exploitation fondés sur la science pour toutes les unités de conservation et zones de gestion du saumon coho du sud de la Colombie-Britannique, il faudrait procéder à un examen approfondi des données sur l'échappée du NuSDRS portant sur les unités de conservation de la zone 13, du bas Fraser, de la baie Howe et du bras de mer Burrard, et de la rivière Lillooet, afin de vérifier leur qualité et leur pertinence pour les analyses. Tant qu'un tel examen ne sera pas réalisé, il sera impossible d'effectuer une évaluation approfondie du potentiel des analyses stock-recrutement dans ces unités de conservation et leurs zones de gestion connexes.
- Afin de présenter une approche analytique cohérente pour l'établissement des points de référence biologiques pour l'ensemble des populations de saumon du Pacifique, il est recommandé que ces méthodes (p. ex. utilisation d'estimations d'échappée fondées sur l'habitat pour fournir des renseignements préalables à des analyses stock-recrutement) soient intégrées dans l'ensemble grandissant d'« outils » d'analyse.
- Quelle que soit l'approche utilisée pour établir des points de référence biologiques des échappées, certains cours d'eau (p. ex. cours d'eau indicateurs) devront être déterminés (et classés par ordre de priorité) pour assurer la cohérence des travaux annuels de suivi des échappées pour assurer qu'il y a un nombre approprié d'indicateurs dans chacune des unités de conservation pour produire des estimations fiables sur les échappées.
- Il existe un besoin constant de compiler les données et d'examiner la qualité des bases de données du MPO (p. ex. NuSDRS) et d'autres banques de données qui n'ont pas été compilées ou archivées (p. ex. littérature grise). De plus, des mesures destinées à améliorer la découverte de tous les ensembles de données faciliteront les futurs travaux dans ce domaine.

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Le présent avis scientifique découle de l'examen par les pairs régional du 4 au et 5 novembre 2014 et du 14 avril 2015 sur la Détermination des indices de référence de l'échappée et du taux d'exploitation pour les trois unités de gestion du saumon coho du détroit de Georgie, dans le sud de la Colombie-Britannique. Toute autre publication découlant de ces réunions sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada (MPO).

Korman, J., Tompkins, A. 2014. Estimating Regional Distributions of Freshwater Stock Productivity, Carrying Capacity, and Sustainable Harvest Rates for Coho Salmon Using a Hierarchical Bayesian Modelling Approach. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2014/089. vii + 53 p. (Consulté le 24 juin 2015)

Strahler, A.N. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Trans. Am. Geophys. Union 38: 913-920.

CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région du Pacifique
Pêches et Océans Canada
3190, chemin Hammond Bay
Nanaimo (Colombie-Britannique) V9T 6N7

Téléphone : 250 756-7208
Courriel: csap@dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet: www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-5117
© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2015

La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2015. Points de référence de l'échappée fondés sur l'habitat du saumon coho dans les zones de gestion du détroit de Georgie (continent), du détroit de Georgie (île de Vancouver) et du bas Fraser. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2015/045.

Also available in English:

DFO. 2015. Habitat-based escapement benchmarks for Coho Salmon in Georgia Strait Mainland, Georgia Strait Vancouver Island, and Lower Fraser River Management Units. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2015/045.